

14



①⑨ BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT

①⑫ Patentschrift
①⑩ DE 197 43 802 C 2

⑤① Int. Cl. 7:
C 21 D 8/02

②① Aktenzeichen: 197 43 802.4-24
②② Anmeldetag: 2. 10. 1997
④③ Offenlegungstag: 11. 3. 1999
④⑤ Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: 14. 9. 2000

DE 197 43 802 C 2

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

⑥⑥ Innere Priorität:
196 41 242. 0 07. 10. 1996

⑦③ Patentinhaber:
Benteler AG, 33104 Paderborn, DE

⑦④ Vertreter:
Bockermann & Ksoll, Patentanwälte, 44791
Bochum

⑦⑦ Erfinder:
Buschsieweke, Otto, Dipl.-Ing., 33102 Paderborn,
DE; Klasauseweh, Udo, Dipl.-Ing.Dr., 33334
Gütersloh, DE; Fortmeier, Günther, 33129 Delbrück,
DE

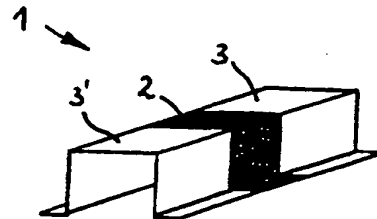
⑤⑤ Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht
gezogene Druckschriften:
US 51 92 376 A
EP 05 85 843 A2
Eckstein, Hans-Joachim: Technologie der
Wärmebe-
handlung von Stahl. 2., stark überarb. Aufl.
Leipzig: VEB Deutscher Verlag für Grundstoffindus-
trie, 1987, S.149;

⑤④ Verfahren zur Herstellung eines metallischen Formbauteils

⑤⑦ Verfahren zur Herstellung eines metallischen Formbau-
teils für Kraftfahrzeugkomponenten, welches Bereiche
mit einer höheren Duktilität aufweist, bei welchem eine
Platine (5) bereitgestellt wird aus einer Stahllegierung die
in Gewichtsprozent ausgedrückt aus

Kohlenstoff (C) 0,18% bis 0,3%
Silizium (Si) 0,1% bis 0,7%
Mangan (Mn) 1,0% bis 2,50%
Phosphor (P) maximal 0,025%
Chrom (Cr) 0,1% bis 0,8%
Molybdän (Mo) 0,1% bis 0,5%
Schwefel (S) maximal 0,01%
Titan (Ti) 0,02% bis 0,05%
Bor (B) 0,002% bis 0,005%
Aluminium (Al) 0,01% bis 0,06%

Rest Eisen einschließlich erschmelzungsbedingter Verun-
reinigungen besteht,
wobei zunächst partielle Bereiche (2) der Platine (5) in ei-
ner Zeit von weniger als 30 Sekunden auf eine Tempera-
tur zwischen 600°C und 900°C gebracht werden, worauf
die wärmebehandelte Platine (5') in einem Pressenwerk-
zeug (7) zum Formbauteil (1) umgeformt und dann der
Formbauteil (1) im Pressenwerkzeug (7) vergütet wird.



DE 197 43 802 C 2

Die Erfindung betrifft Verfahren zur Herstellung eines metallischen Formbauteils für Kraftfahrzeugkomponenten, welches Bereiche mit einer höheren Duktilität aufweist.

Werkzeugvergütete Formbauteile für Kraftfahrzeugkomponenten, wie Türaufprallträger oder Stoßfänger, werden mit über das Formbauteil verteilt gleich bleibenden Werkstoffeigenschaften hergestellt. Dies geschieht durch eine komplette Vergütung der Formbauteile. Durch die mit der Vergütung erreichten hohen Festigkeitswerte, mit Zugfestigkeiten R_m von ca. 1500 N/mm² sinkt jedoch die Duktilität des Werkstoffs. Der Werkstoff verliert damit sein Vermögen, sich bleibend zu verformen. Die Bruchdehnung A_5 liegt üblicherweise bei ca. 10%.

Die US-A-5.192.376 offenbart ein Verstärkungsrohr für den Automobilbau aus einer Stahllegierung, zu dessen Herstellung ein Stahl gewalzt und die erzeugte Stahlplatte im heißgewalzten Zustand bei einer Temperatur von 600°C oder höher eingerollt wird. Anschließend wird das so hergestellte Rohr zur Steigerung der Festigkeit einer Abschreckhärtung unterzogen.

Durch die EP 0 585 843 A2 zählt es zum Stand der Technik, eine Stahlplatte einer hochenergetischen Wärmebehandlung mittels Laserbestrahlung zu unterziehen, um hier Zonen erhöhter Festigkeit zu erzeugen.

Ein unterschiedliches plastisches Steifigkeitsverhalten von werkzeugvergüteten Preßformbauteilen wird zur Zeit durch ein partielles Auswalzen der Ausgangsplatten vor der Umformung erreicht, wodurch die Wanddicken beispielsweise verringert werden.

In verschiedenen Anwendungsfällen der Kraftfahrzeugtechnik besteht der Bedarf, in den Formbauteile Bereiche mit einer höheren Duktilität vorzusehen. Dazu werden beispielsweise Schließbleche, das sind Einlagen aus weichen Stahlqualitäten, in das Formbauteil integriert. Diese Vorgehensweise führt jedoch zu einem wesentlich höheren Fertigungs- und Kostenaufwand. Darüberhinaus ergibt sich hierdurch ein nicht unerhebliches Mehrgewicht der Formbauteile.

Auch die partielle walztechnische Wanddickenreduktion, um Bereiche mit unterschiedlichem Steifigkeitsverhalten zu erzeugen, ist mit hohen Investitions- und Fertigungskosten verbunden. Desweiteren stößt die walztechnische Bearbeitung in Abhängigkeit von der Konfiguration des zu walzenden Bereichs an seine verfahrenstechnischen Grenzen. Dies ist insbesondere beim Walzen von schmalen Bereichen der Fall.

Der Erfindung liegt ausgehend vom Stand der Technik die Aufgabe zugrunde, die Herstellung von metallischen Formbauteilen für Kraftfahrzeugkomponenten, welche Bereiche mit einer höheren Duktilität aufweisen, verfahrenstechnisch zu vereinfachen, effizienter und damit ökonomischer zu gestalten, wobei auch die Variationsbreite hinsichtlich der geometrischen Konfiguration der Bereiche vergrößert wird.

Eine erste Lösung dieser Aufgabe besteht in den Merkmalen des Anspruchs 1.

Partielle Bereiche der Platine, die beim fertigen Formbauteil eine höhere Festigkeit als das übrige Bauteil aufweisen sollen, werden in einer Zeit von weniger als 30 Sekunden auf eine Temperatur zwischen 600°C und 900°C gebracht. Im Anschluß daran wird die wärmebehandelte Platine in einem Pressenwerkzeug zum Formbauteil umgeformt. Auch die Vergütung wird im Pressenwerkzeug vorgenommen.

Der bevorzugte Temperaturbereich liegt bei 900°C, wobei die Aufheizung in einer Zeit von 20 bis 25 Sekunden erfolgt.

Eine zweite Lösung der Aufgabe besteht nach Anspruch 2

verfahrensgemäß darin, die bereitgestellte Platine zunächst preßformtechnisch vor- oder endzuformen und anschließend partielle Bereiche des Zwischen- oder Formbauteils in der vorgenannten Weise wärmezubehandeln. Diese Bereiche weisen dann gegenüber dem übrigen Bauteil eine wesentlich höhere Festigkeit auf. Die Vergütung kann im Preßwerkzeug vorgenommen werden mit reduzierten oder sogar ohne Formoperationen. Gegebenenfalls findet nur ein Nachpressen (Kalibrieren) statt. Dieses Verfahren findet vorzugsweise für die Herstellung von Formbauteilen Anwendung, welche breite aber kurze duktile Bereiche aufweisen sollen.

Schließlich besteht eine weitere Lösung der erfindungsgemäßen Aufgabe in den Merkmalen des Anspruchs 3. Diese Vorgehensweise wird vorzugsweise für die Herstellung von Formbauteilen mit einem oder mehreren schmalen langen duktilen Bereichen angewandt.

Erfindungsgemäß wird danach zunächst ein Formbauteil geformt und vergütet. Hierzu wird die Platine komplett auf eine Temperatur zwischen 900°C und 950°C homogen erwärmt, in einem Pressenwerkzeug zum Formbauteil umgeformt und anschließend in bekannter Weise vergütet. Im Anschluß daran wird eine gezielte partielle Erhöhung der Duktilität des Formbauteils in den gewünschten Bereichen durch partielles Nachwärmen vorgenommen. Hierbei wird eine Schnellerwärmung in den erfindungsgemäßen Temperatur- und Zeitgrenzen vorgenommen.

Bei den erfindungsgemäßen Verfahren wird eine Platine verwendet aus einer Stahllegierung, die in Gewichtsprozent ausgedrückt einen Kohlenstoffanteil C zwischen 0,18% bis 0,3%, einen Siliziumanteil Si zwischen 0,1% bis 0,7%, einen Mangananteil Mn zwischen 1,0% bis 2,5%, einen Phosphoranteil P von maximal 0,025%, einen Chromanteil Cr von 0,1% bis 0,8%, einen Molybdänanteil Mo zwischen 0,1% bis 0,5%, einen Schwefelanteil S von maximal 0,01%, einen Titananteil Ti zwischen 0,02% bis 0,05%, einen Boranteil B zwischen 0,002% bis 0,005% und einen Aluminiumanteil Al zwischen 0,01% bis 0,06% aufweist, wobei der Rest Eisen einschließlich erschmelzungsbedingter Verunreinigungen ist.

Nicht zwingend, jedoch vorteilhaft kann die Stahllegierung ferner einen Niobanteil Nb zwischen 0,03% bis 0,05% aufweisen. Hierdurch wird eine interkristalline Korrosion verhütet und die Warmfestigkeit gesteigert.

Zweckmäßigerweise findet die partielle Nachwärmung am auf einer Fördereinrichtung fixierten Formbauteil statt, wie dies Anspruch 4 vorsieht. Auf diese Weise ist eine effiziente Einbindung dieses Verfahrensschrittes in den Fertigungsablauf möglich.

Grundsätzlich können für die erfindungsgemäße partielle Wärmebehandlung zur Duktilitätssteigerung alle geeigneten Wärmebehandlungsverfahren angewandt werden. Eine für die Praxis besonders vorteilhafte Maßnahme besteht nach den Merkmalen des Anspruchs 5 darin, die Wärmebehandlung auf induktivem Wege vorzunehmen.

Das induktive Verfahren bietet die Möglichkeit, die Erwärmung gezielt auf eine oder mehrere begrenzte Bereiche eines Formbauteils zu konzentrieren. Die Erwärmung wird präzise auf die in ihrer Duktilität zu erhöhenden Zonen beschränkt. Auch können durch geeignete Führung des Induktors und/oder des Formbauteils nahezu beliebige Konfigurationen der duktilen Zonen erreicht werden.

Die partielle induktive Wärmebehandlung ist wirtschaftlich und es lassen sich hohe Durchsätze erzielen. Durch richtige Wahl der Frequenz der elektrischen Leistung und der Einwirkzeit lassen sich die gewünschten Duktilitätseigenschaften herstellen. Dabei sind durch hohe Leistungsdichten kürzeste Aufheizzeiten möglich. Diese sollte jedenfalls unterhalb von 30 Sekunden, vorzugsweise unter 25 Se-

kunden liegen, damit eine ungewünschte Beeinflussung von Nachbarbereichen ausgeschlossen wird.

Den aufgezeigten Lösungen der der Erfindung zugrundeliegenden Aufgabe ist der Kerngedanke gemein, die Steigerung der Duktilität partieller Bereich eines Formbauteils durch eine gezielte, auf die spätere Verwendung des Formbauteils als Kraftfahrzeugkomponente abgestimmte schnelle Erwärmung vorzunehmen. Die Erwärmung kann an der Ausgangsplatine, einem Zwischenformbauteil oder auch am endgeformten Formbauteil vorgenommen werden, und zwar jeweils vor oder auch nach der eigentlichen Vergütung. Dabei werden die gewünschten Bereiche in einer Zeit von weniger als 30 Sekunden, zweckmäßigerweise in einer Zeit zwischen 10 Sekunden und 25 Sekunden, auf eine Temperatur zwischen 600°C und 900°C gebracht.

So kann in wirtschaftlicher Weise ein technisch hochwertiges Formbauteil geschaffen werden, bei welchem sich die mechanischen Eigenschaften von hoher Festigkeit in den einen Bereichen und hoher Duktilität in den anderen Bereichen in synergetischer Weise vorteilhaft ergänzen.

Das Formbauteil weist überwiegend höchste Festigkeit mit geringem plastischem Verformungsvermögen bzw. Steifigkeitsverhalten auf und besitzt eine oder mehrere Zonen geringerer Festigkeit, jedoch hoher Duktilität.

Ein wesentlicher Vorteil der erfindungsgemäß vorgeschlagenen Verfahrensweise ist, daß ein naht- und stufenloser Übergang vom Bereich hoher Festigkeit zum duktilen Bereich und umgekehrt realisiert ist.

Als besonders zweckmäßig hat sich als Ausgangsmaterial für die Herstellung der Formbauteile eine Stahllegierung erwiesen, welche in Gewichtsprozenten ausgedrückt einen Kohlenstoffanteil C zwischen 0,20% bis 0,30%, einen Siliziumanteil Si zwischen 0,15% bis 0,70%, einen Mangananteil Mn zwischen 1,0% bis 2,50%, einen Phosphoranteil P von maximal 0,025%, einen Chromanteil Cr von 0,10% bis 0,80%, einen Molybdänanteil Mo zwischen 0,35% und 0,50%, einen Schwefelanteil S von maximal 0,010%, einen Titananteil Ti zwischen 0,03% bis 0,05%, einen Boranteil B zwischen 0,002% bis 0,005% und einen Aluminiumanteil Al zwischen 0,02% bis 0,06% besitzt, wobei der Rest Eisen einschließlich erschmelzungsbedingter Verunreinigungen ist. Auch hier kann Niob Nb in einem Gewichtsanteil zwischen 0,03% und 0,05% zulegiert sein.

Bei dieser Stahllegierung sind die Legierungskomponenten so aufeinander abstimbar, daß höchste Anforderungen an die mechanischen Eigenschaften eines Formbauteils hinsichtlich Zugfestigkeit, Streckgrenze und Bruchdehnung erreicht werden. Gleichzeitig erlaubt dieser Ausgangswerkstoff eine Duktilitätserhöhung in bestimmbar Bereichen durch partielles Erwärmen bzw. Nachwärmen in der erfindungsgemäß vorgeschlagenen Vorgehensweise. In diesem Zusammenhang wird auch eine Stahllegierung der vorbebeschriebenen Zusammensetzung als vorteilhaft angesehen, deren Kohlenstoffanteil zwischen 0,23% und 0,27%, deren Siliziumanteil Si zwischen 0,15% und 0,5%, deren Mangananteil Mn zwischen 1,10% und 1,40% und deren Chromanteil Cr zwischen 0,15% und 0,35% liegt.

Die Erfindung ist nachfolgend anhand der in den Zeichnungen dargestellten Ausführungsbeispiele näher beschrieben. Es zeigen:

Fig. 1 einen Formbauteil mit einem breiten kurzen duktilen Bereich;

Fig. 2 eine erste Fertigungsfolge eines Formbauteils;

Fig. 3 zwei Formbauteile mit schmalen langen duktilen Bereichen und

Fig. 4 eine zweite Fertigungsfolge eines Formbauteils.

Die Fig. 1 zeigt technisch vereinfacht ein Formbauteil 1 für die Herstellung von Kraftfahrzeugkomponenten, bei-

spielsweise eines Türaufprallträgers oder Stoßfängers.

Das Formbauteil 1 weist einen breiten kurzen Bereich 2 auf, in dem der Werkstoff des Formbauteils 1 eine im Vergleich zu den übrigen Bauteilbereichen 3, 3' wesentlich höhere Festigkeit besitzt. Damit verleihen die Bereiche 3, 3' dem Formbauteil 1 eine hohe Duktilität, wohingegen der Bereich 2 dem Formbauteil 1 eine Festigkeit verleiht.

Eine Fertigungsfolge für die Herstellung des Formbauteils 1 ist anhand der Fig. 2 erläutert.

Das Ausgangsmaterial wird in Bandform von einem Coil 4 abgezogen und in bedarfsgerechte Platinen 5 geteilt. Durch einen Induktor 6 als Teil der Anlage wird eine gezielte Erwärmung partieller Bereiche 2 der Platine 5 durch elektromagnetische Einwirkung vorgenommen. Hierbei werden gezielt die Bereiche 2 in einer Zeit von weniger als 25 Sekunden auf eine Temperatur von 900°C gebracht. Anschließend wird die so wärmebehandelte Platine 5' in einem Pressenwerkzeug 7 zum Formbauteil 1 umgeformt. Nach der Umformung wird eine Vergütung des Formbauteils 1 im Pressenwerkzeug 7 vorgenommen.

Eine verfahrensmäßige Abwandlung der zuvor beschriebenen Fertigungsfolge besteht darin, daß die partielle Erwärmung an einem aus der Platine 5 vor- oder fertiggeformten Bauteil mittels Induktion in den Bereichen vorgenommen wird, die höhere Festigkeitseigenschaften aufweisen sollen. Die Vergütung im Pressenwerkzeug 7 geschieht dann im Vergleich zur oben beschriebenen Vorgehensweise mit reduzierten bzw. ohne Formoperationen. Gegebenenfalls findet nur ein Kalibrieren statt.

In der Fig. 3 sind zwei Formbauteile 8, 9 dargestellt mit Bereichen 10, 11 höherer Duktilität, welche lang und schmal ausgebildet sind und in Längsrichtung der Formbauteile 8, 9 verlaufen.

Die Fertigungsfolge solcher Formbauteile 8, 9 mit längsbetonten duktilen Bereichen 10, 11 ist anhand der Fig. 4 schematisch beschrieben.

Von einem Coil 12 wird das Ausgangsmaterial abgezogen und in bedarfsgerechte Platinen 13 geteilt. Die Platinen 13 werden anschließend auf eine Temperatur zwischen 900°C und 950°C homogen erwärmt. Dies erfolgt, wie dargestellt, in einem Durchlaufofen 14. Diese Wärmeverbehandlung kann aber auch auf andere Weise, beispielsweise durch eine induktive Erwärmung, vorgenommen werden. Hierbei wird die gesamte Platine 13 auf Temperatur gebracht. Nach dieser Wärmeverbehandlung wird eine Platine 13 im Pressenwerkzeug 15 zum Formbauteil 8, 9 endgeformt. Im Pressenwerkzeug finden auch erforderliche Vergütungsvorgänge statt.

Im Anschluß hieran werden die Formbauteile 8, 9 aufgenommen und auf einen Förderer 16 durch Fixierungen 17 lageorientiert. Auf dem Förderer 16 durchlaufen die Formbauteile 8, 9 eine Heizvorrichtung 18, in der durch einen Induktor 19 diejenigen Bereiche 10, 11, die eine höhere Duktilität aufweisen sollen, in kürzester Zeit auf eine Temperatur von ca. 600°C bis 800°C gebracht werden. Anschließend werden die so erwärmten Bereiche 10, 11 langsam abgekühlt.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung eines metallischen Formbauteils für Kraftfahrzeugkomponenten, welches Bereiche mit einer höheren Duktilität aufweist, bei welchem eine Platine (5) bereitgestellt wird aus einer Stahllegierung die in Gewichtsprozent ausgedrückt aus

Kohlenstoff (C) 0,18% bis 0,3%
Silizium (Si) 0,1% bis 0,7%
Mangan (Mn) 1,0% bis 2,50%

Phosphor (P) maximal 0,025%
 Chrom (Cr) 0,1% bis 0,8%
 Molybdän (Mo) 0,1% bis 0,5%
 Schwefel (S) maximal 0,01%
 Titan (Ti) 0,02% bis 0,05%
 Bor (B) 0,002% bis 0,005%
 Aluminium (Al) 0,01% bis 0,06%

Rest Eisen einschließlich erschmelzungsbedingter Verunreinigungen besteht, wobei zunächst partielle Bereiche (2) der Platine (5) in einer Zeit von weniger als 30 Sekunden auf eine Temperatur zwischen 600°C und 900°C gebracht werden, worauf die wärmebehandelte Platine (5) in einem Pressenwerkzeug (7) zum Formbauteil (1) umgeformt und dann der Formbauteil (1) im Pressenwerkzeug (7) vergütet wird.

2. Verfahren zur Herstellung eines metallischen Formbauteils für Kraftfahrzeugkomponenten, welches Bereiche mit einer höheren Duktilität aufweist, bei welchem eine Platine (5) bereitgestellt wird aus einer Stahllegierung die in Gewichtsprozent ausgedrückt aus

Kohlenstoff (C) 0,18% bis 0,3%
 Silizium (Si) 0,1% bis 0,7%
 Mangan (Mn) 1,0% bis 2,50%
 Phosphor (P) maximal 0,025%
 Chrom (Cr) 0,1% bis 0,8%
 Molybdän (Mo) 0,1% bis 0,5%
 Schwefel (S) maximal 0,01%
 Titan (Ti) 0,02% bis 0,05%
 Bor (B) 0,002% bis 0,005%
 Aluminium (Al) 0,01% bis 0,06%

Rest Eisen einschließlich erschmelzungsbedingter Verunreinigungen besteht, wobei die Platine zunächst preßformtechnisch zu einem Zwischen- oder Formbauteil vor- oder endgeformt und anschließend partielle Bereiche des Zwischen- oder Formbauteils in einer Zeit von weniger als 30 Sekunden auf eine Temperatur zwischen 600°C und 900°C gebracht werden, worauf der wärmebehandelte Zwischen- oder Formbauteil in einem Pressenwerkzeug (7) nachgepreßt und/oder vergütet wird.

3. Verfahren zur Herstellung eines metallischen Formbauteils für Kraftfahrzeugkomponenten, welches Bereiche mit einer höheren Duktilität aufweist, bei welchem eine Platine (13) bereitgestellt wird aus einer Stahllegierung, die in Gewichtsprozent ausgedrückt aus

Kohlenstoff (C) 0,18% bis 0,3%
 Silizium (Si) 0,1% bis 0,7%
 Mangan (Mn) 1,0% bis 2,50%
 Phosphor (P) maximal 0,025%
 Chrom (Cr) 0,1% bis 0,8%
 Molybdän (Mo) 0,1% bis 0,5%
 Schwefel (S) maximal 0,01%
 Titan (Ti) 0,02% bis 0,05%
 Bor (B) 0,002% bis 0,005%
 Aluminium (Al) 0,01% bis 0,06%

Rest Eisen einschließlich erschmelzungsbedingter Verunreinigungen besteht, wobei die Platine zunächst auf eine Temperatur zwischen 900°C und 950°C homogen erwärmt wird, worauf die Platine (13) in einem Pressenwerkzeug (15) zum Formbauteil (8, 9) umgeformt und dann der Form-

bauteil (8, 9) noch im Pressenwerkzeug (15) vergütet wird, und daß anschließend partielle Bereiche (10, 11) des Formbauteils (8, 9) in einer Zeit von weniger als 30 Sekunden auf eine Temperatur zwischen 600°C und 900°C gebracht werden.

4. Verfahren nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß die partielle Wärmebehandlung an auf einer Fördereinrichtung (16) fixierten Formbauteil (8, 9) vorgenommen wird.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß die partielle Wärmebehandlung durch induktive Erwärmung erfolgt.

Hierzu 1 Seite(n) Zeichnungen

- Leerseite -

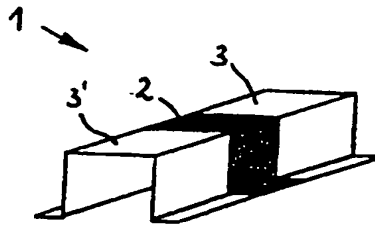


Fig. 1

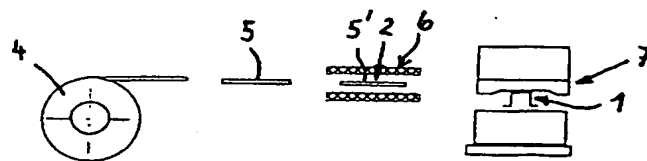


Fig. 2

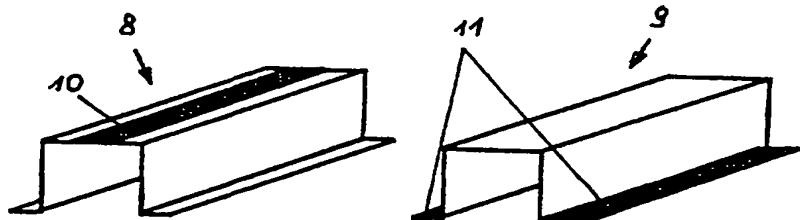


Fig. 3

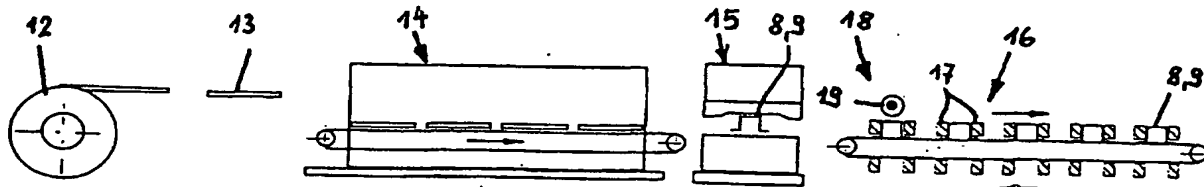


Fig. 4